

明 細 書

耐損耗性または耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材と排ガスダクト

技術分野

本発明は、鉄鋼などの金属精錬における転炉、電気溶製炉の排ガス環境で優れた耐久性を示し、施工性、補修性、経済性にも優れた排煙処理設備用鋼材と排ガスダクトに関する。

背景技術

以下、鉄鋼製造を行う精錬炉（転炉や電気炉など）を例に、背景技術を説明する。

金属精錬炉の排ガスは腐食性のガス成分や金属ダストを含むため、排煙設備で排ガス流路は厳しい損耗を受ける。一般に、排ガスの温度は1200℃に達する。炉によっては、燃焼塔で可燃性ガスを燃焼させた上で、排煙設備に通風するケースもある。

一般に、排煙ダクトは、炭素鋼板の溶接構造で二重筒構造とし、内筒に排ガスを通し、内筒と外筒との間に冷却水を通すケースや、ダクト内面に鋼管を並べて水冷管パネルを作り、内部に冷却水を通す形式が使われている。以下、これらを排煙水冷ダクトと呼ぶ。

近年、排煙水冷ダクトの損耗が顕著になってきた。1990年代前半までは、板厚9mmの炭素鋼製内筒で5年以上の耐久性が得られていたが、最近では、板厚12mmに増厚しても半年～1年で損耗する事例が多くなり、日常的な補修や取換工事が行われていた。また、転炉排ガス（OG）処理装置でも、最近、排煙水冷ダクトの耐久寿命が従前と比較して半分以下に短くなってきた。

例えば、孔あき部の最大損耗速度でみると、従来鋼においては、数mm～20mm／年に達している。

損耗の原因としては、固体粒子の衝突による摩耗、ダストによる溶融塩腐食、吸湿による濃厚電解質形成に伴う湿食などが考えられるが、いずれの要因が損耗の支配プロセスなのかは、ほとんど解明されていないという課題があった。

排煙水冷ダクトの損耗を防止する従来技術では、排ガスと接触する面の材質を変更し、耐久性を確保する方法が提案されている。この方法は、排ガスに接する表面を改質する方法と、ダクトを構成する部材自身の材質を変更する方法に分類できる。

排ガスに接する表面を改質する方法としては、例えば、1) 耐熱・耐火レンガで内張りする、2) 無機系キャスターでライニングする、3) 肉盛り溶射層を施す、4) 高合金鋼を表層に持つクラッド鋼を採用する、等の方法が考えられ、一部は既に提案されている。

例えば、特公平4-80089号公報に開示されるようなステンレス系合金の溶射肉盛や、特許第2565727号公報に開示されている800℃で酸化物を形成する成分の合金の溶射被覆層を形成する方法、さらに、特開2003-231909号公報に開示されているNi-Cr-Mo-B系に代表される自溶性溶射合金による被覆（基材と溶射金属による合金層を形成させる金属被覆）等が挙げられる。

また、ダクトを構成する部材自身の材質を変更する方法としては、炭素鋼に代えて、耐久性に優れた構造材料、SUS310Sなどの耐熱ステンレス鋼などを使用することが容易に考えられる。

レンガの内張り、金属溶射、無機系ライニング、高合金の内張りなどは、いずれも炭素鋼を裸で使用してきた排ガスダクトにおいては、材料・施工コストが極めて高くなるほか、炭素鋼との熱膨張率が不

可避的に異なるため、1000℃程度の高温と室温近くの熱サイクルを1時間に1回のサイクルで受ける環境では、長期にわたり密着性を確保するのが難しいといった課題があった。

さらに、レンガや無機系ライニングを採用した場合、1) 排ガスの冷却速度が遅くなるために、所定温度以下で集塵装置に排ガスを送るためには、排ガスダクトを延長する必要があるし、また、2) 冷却速度が小さすぎると、ダイオキシンの発生を必ずしも十分に抑制できず、ダイオキシンの発生抑制にさらなる対策が必要となる、3) 排ガスダクトの重量が増す、等の課題があった。

炭素鋼に代えてステンレス鋼などの高合金鋼を用いる場合、素材および施工コストが極めて高くなるといった課題があった。特に、ステンレス鋼の場合、現場施工で広く使用されるアセチレンガス等を使用した切断が難しいといった課題があった。また、SUS316L、SUS310Sなどのステンレス鋼でも、経済性に見合った耐久性が必ずしも得られないといった課題があった。

したがって、施工性と耐久性に優れた排煙処理設備用の鋼材が求められていた。具体的には、前述したように、従来鋼では、孔あき部の最大損耗速度でみて、数mm～20mm/年に達していることから、耐損耗性に優れた（例えば、最大損耗速度で、2.5mm/年以下の）排煙処理設備用、特に、排ガスダクト用の鋼材が強く求められていた。

また、排ガスダクトについて、炭素鋼の片面を排ガスに接する面（接ガス面）とし、残る面を冷媒面とする排ガスダクトは、素材費、施工性、補修性、経済性に極めて優れている。したがって、炭素鋼製排ガスダクトと施工性、補修性が同等であり、さらに接ガス面の耐久性が飛躍的に優れ、経済的にも合致する排ガスダクトが強く求められていた。

発明の開示

本発明は、前述の問題を克服してなされたもので、特に、鉄鋼などの溶製または金属精錬設備における転炉、電気炉、灰の熔融炉などの排ガス環境での耐久性、加工性、施工性に優れた排煙処理設備用鋼材と、該鋼材を用いて構成した排ガスダクトを提供することを目的とする。

本発明者は、鉄鋼溶製炉および灰熔融炉の水冷排ガスダクトの損耗機構を詳細に検討した結果、特定の化学組成を満足する鋼材が、排ガス環境で優れた耐久性を示し、かつ、炭素鋼並の加工性、施工性を具備することを知見した。

すなわち、従来技術では開示されていなかった合金組成を制御することによって、従来にない対策鋼材が得られることを知見した。

また、先の特定の化学組成を満足する鋼を接ガス面とし、特定の公知の溶接材料と組み合わせることで、炭素鋼製排ガスダクトの製作と同等の施工能率で、排ガスダクトが得られることを知見した。

本発明は前記知見に基づいて構成されたものであり、その要旨は以下の通りである。

(1) 質量%で、

C : 0.001 ~ 0.2 %、

Cu : 0.1 ~ 1 %、

Ni : 0.01 ~ 0.5 %、

Cr : 4.0 ~ 9.0 %、

Sb : 0.01 ~ 0.2 %、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005 ~ 0.5 %、

W : 0.005 ~ 0.5 %、

の1種または2種を含有し、

残部がF eおよび不可避的不純物からなることを特徴とする耐損耗性に優れた排煙処理設備用鋼材。

(2) 質量%で、

C : 0.001~0.2%、

Si : 0.01~0.5%、

Mn : 0.1~2%、

Cu : 0.1~1%、

Ni : 0.01~0.5%、

Cr : 4.0~6.0%、

Sb : 0.01~0.2%、

P : 0.05%以下、

S : 0.005~0.02%、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005~0.5%、

W : 0.005~0.5%、

の1種または2種を含有し、残部がF eおよび不可避的不純物からなることを特徴とする耐損耗性に優れた排煙処理設備用鋼材。

(3) 前記排煙処理設備が排ガスダクトであることを特徴とする前記(1)または(2)に記載の排煙処理設備用鋼材。

(4) 質量%で、

C : 0.001~0.2%、

Si : 0.01~0.5%、

Mn : 0.1~2%、

Cu : 0.1~1%、

Ni : 0.01~1%、

Cr : 4.0~6.0%、

Sb : 0.01~0.2%、

A l : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

P : 0 . 0 5 % 以下、

S : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 2 %、

N : 0 . 0 0 8 % 以下、

を含有し、かつ、

M o : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

W : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

の 1 種または 2 種を含有し、

残部が F e および不可避免的不純物からなることを特徴とする耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

(5) 質量%で、さらに、

N b : 0 . 0 0 2 ~ 0 . 2 %、

V : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

T i : 0 . 0 0 2 ~ 0 . 2 %、

T a : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

Z r : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

B : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 5 %、

のうちの 1 種または 2 種以上を含有し、残部が F e および不可避免的不純物からなることを特徴とする前記 (4) に記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

(6) 質量%で、さらに、

M g : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、

C a : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 %、

Y : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 %、

L a : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、

C e : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、

のうちの 1 種または 2 種以上を含有し、残部が F e および不可避免的

不純物からなることを特徴とする前記（４）または（５）に記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

（７）質量％で、さらに、

S n : 0 . 0 1 ~ 0 . 3 %、

P b : 0 . 0 1 ~ 0 . 3 %、

のうちの１種または２種を含有し、残部が F e および不可避免的不純物からなることを特徴とする前記（４）～（６）のいずれかに記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

（８）排ガスダクトにおける排ガス流路の接ガス面が、質量％で

C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

C u : 0 . 1 ~ 1 %、

N i : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 %、

C r : 4 . 0 ~ 9 . 0 %、

S b : 0 . 0 1 ~ 0 . 2 %、

を含有し、かつ、

M o : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

W : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

の１種または２種を含有し、残部が F e および不可避免的不純物からなる鋼を、オーステナイト系溶接材料で溶接接合して構成されていることを特徴とする排ガスダクト。

（９）排ガスダクトにおける排ガス流路の接ガス面が、質量％で

C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

C u : 0 . 1 ~ 1 %、

N i : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 %、

C r : 4 . 0 ~ 9 . 0 %、

S b : 0 . 0 1 ~ 0 . 2 % 、
を含有し、かつ、

M o : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 % 、

W : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 % 、

の 1 種または 2 種を含有し、残部が F e および不可避免の不純物からなる鋼を表層に有する複層鋼材の表層部を、オーステナイト系溶接材料で溶接接合して構成されていることを特徴とする排ガスダクト。

(1 0) 排ガスダクトにおける排ガス流路の排ガス面が、質量%で、

C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 % 、

S i : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 % 、

M n : 0 . 1 ~ 2 % 、

C u : 0 . 1 ~ 1 % 、

N i : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 % 、

C r : 4 . 0 ~ 6 . 0 % 、

S b : 0 . 0 1 ~ 0 . 2 % 、

P : 0 . 0 5 % 以下、

S : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 2 % 、

を含有し、かつ、

M o : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 % 、

W : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 % 、

の 1 種または 2 種を含有し、残部が F e および不可避免の不純物からなる鋼と、該鋼と同じ成分組成範囲にある溶接金属で構成されていることを特徴とする排ガスダクト。

(1 1) 前記排ガスダクトが二重筒型の水冷排ガスダクトであって、金属製外筒と金属製内筒とから構成され、内筒の内側を排ガス

流路とし、外筒と内筒の間を冷媒流路とすることを特徴とする前記（８）～（１０）のいずれかに記載の排ガスダクト。

（１２）前記排ガスダクトが、排ガス流路の接ガス面と反対の面に、複数のパイプが接合配置された排ガスダクトであって、該パイプ中に冷媒を通過させる機能を有することを特徴とする前記（８）～（１０）のいずれかに記載の排ガスダクト。

そして、本発明の鋼材は、金属溶製または金属精錬炉の排煙処理設備環境にて、優れた耐久性を示すとともに、炭素鋼並の加工性および施工性を併せて有している。

また、本発明の排ガスダクトは、金属溶製または金属精錬炉や灰溶融炉の排煙環境にて、優れた耐久性を示すとともに、炭素鋼製ダクト並の施工性、補修性、経済性を併せて有している。

図面の簡単な説明

図１は、鋼の溶製電気炉の水冷ダクト内筒でのＣｒ単独添加鋼の最大・平均損耗速度に及ぼすＣｒ量の影響を示す図である。

図２は、水冷排ガスダクトの内筒環境における５％Ｃｒ鋼の損耗速度に及ぼすＣｕ、Ｎｉ、Ｓｂの複合添加の効果を示す図である。

図３は、二重水冷ダクトの構造例を示す図である。

図４は、二重水冷ダクトの内筒の構造例を示す図である。

図５は、水冷パネルで構成されるダクトの構造例を示す図である。（ａ）は、ダクトの断面を示し、（ｂ）は、水冷管の断面を拡大して示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明について詳細に説明する。以下、％は質量％を意味している。

本発明の鋼材の骨子は、低C-Cr-Cu-Ni-(Mo、W、M+W)-Sb、または、低C-Cr-低Si-Cu-(Mo、W、Mo+W)-Sbの複合添加により、(1) 金属精錬炉の排煙処理設備環境にて優れた耐久性を示し、(2) オーステナイト系の溶接材料とともに使用することで、普通鋼並の加工性および施工性を同時に具備することである。

また、本発明の骨子は、第一に、排ガス流路と冷却媒体の流路からなる強制冷却機構を有する排ガスダクト構造において、接ガス面を低C-Cr-Cu-Ni-(Mo、W、Mo+W)-Sb鋼とし、その片面を水冷する点であり、第二に、排ガスダクトは、前記の組成を有する鋼板をオーステナイト系の溶接材料、または、鋼と同じ成分系のフェライト系溶接材料を用いて溶接施工する点である。

一般に、排煙処理設備接ガス面は、排ガスと材料との相互作用による損耗(板厚減少)により劣化する。損耗では、化学的な腐食現象や物理的な摩耗現象等が複合的に作用する。本発明では、排煙処理設備においてガスと接する部材面の板厚減少を招く現象を、損耗と呼ぶ。

そして、本発明においては、鋼材の耐損耗性を、平均損耗速度と最大損耗速度を指標として評価する。

まず、損耗挙動に及ぼす合金組成の影響について述べる。図1に、表1(または表4)に示す比較例A3の成分組成を基本成分組成としてCr量を変化させ、鉄鋼電気炉の排ガスダクト内面における平均損耗速度と最大損耗速度に及ぼすCr量の影響を調査した結果を示す。図1から、平均損耗速度で十分な効果を得るためには、4.0%以上のCr添加が必要であることがわかる。

また、Crの単独添加では、最大損耗深さが十分に低減されないことがわかる。それゆえ、4.0%以上のCr添加鋼の場合、第三

元素の複合添加により耐損耗性を向上させる必要がある。

本発明者は、4.0%以上のCr含有鋼の耐損耗性に及ぼす複合添加元素の効果を検討した結果、耐損耗性の改善には、低C、Si、Cu、Ni、Mo、W、Sb、Sn、Pbの添加が有効であることを解明した。さらに、Cu-Ni-(Mo、W、Mo+W)-Sbの複合添加により、顕著な耐損耗性の改善効果が得られることを解明した。

図2に、排ガスダクトでの損耗環境において、5%Cr鋼へCu、Ni、Mo、Sbを複合添加した場合の効果を調査した結果を示す。Cr添加鋼においてCu-Ni-Mo-Sbを複合添加すると、最大損耗速度が2mm/y（年）以下にまで低減し、耐損耗性が飛躍的に改善されることがわかる。すなわち、Cu、Ni、Mo、Sbのうち、1元素でも含まれないと、優れた耐損耗性が得られない。

ここで、本発明において、優れた耐損耗性とは、具体的には、図2に示す比較例の最大損耗速度が5mm/y（年）を超えていることを踏まえ、最大損耗速度が5mm/y（年）以下、好ましくは、3.5mm/y（年）以下であることを意味する。

次に、ガス切断性の確保について述べる。ガス切断においてブローホールが発生すると表面性状が悪化するため、切断面の手入れが必要となり、生産性を阻害する。ブローホールの発生抑制には切断速度を下げる程度有効であるが、これも生産性を落とすこととなる。ところが、本発明鋼のように、少なからぬCrを含有する鋼では、切断速度を落としてもなお良好な切断面を得ることは難しい。

本発明者は、Cr-Cu-Ni-Mo-Sb添加鋼のアセチレンガスによるガス切断性、すなわち、一定水準の切断速度とブローホ

ールの発生抑制を同時にかつ十分に確保するためには、脱酸元素である Si、Al を添加し、鋼中の N を極力低減するだけでは不十分であり、Si、Al 量に最適バランスがあることを見出した。すなわち、Si : 0.01 ~ 0.5 %、かつ、Al : 0.005 ~ 0.5 % の範囲で良好な切断面が得られることを知見した。

次に、本発明の鋼材の化学組成に係る限定理由を詳細に述べる。

〔化学組成〕

まず、排ガス流路の接ガス面に用いる鋼として、オーステナイト系溶接材料で溶接接合される鋼、または、オーステナイト系溶接材料で溶接接合される複層鋼材の表層部の鋼の化学組成を限定する理由を以下に述べる。

C は、排ガスダクト環境での耐損耗性の観点から、その量は少ないほど好ましいが、強度を確保するためには 0.001 % 以上の添加が必要であるので、下限値を 0.001 % とした。0.2 % を超えると、耐損耗性、冷間加工性、および、溶接性が損なわれるので、0.001 ~ 0.2 % を限定範囲とした。

特に、加工性が求められる場合、0.01 ~ 0.06 % が好ましい。また、フェライト系溶接材料を使用する場合は、良好な溶接施工性を確保するためには、0.002 ~ 0.05 % が好ましい。

Cu は、局所的な損耗を抑制するためには、Ni、(Mo、W、または、Mo + W)、Sb とともに 0.1 % 以上の添加が必要である。1 % を超えて添加すると、強度の過度の上昇および製造性、冷間加工性の低下を招くため、0.1 ~ 1 % を限定範囲とした。好ましくは、0.2 ~ 0.5 % の添加が、冷間加工性および耐損耗性のバランスに優れている。

Ni は、局所的な損耗を抑制する目的で、Cu、(Mo、W、または、Mo + W)、Sb とともに 0.01 % 以上添加するが、その

効果は1%で十分なので、0.01~1%を限定範囲とする。ただし、排ガスダクト用の鋼材の場合、局部的な損耗の抑制効果は、0.5%で十分なので、0.01~0.5%を限定範囲とする。

Crは、耐損耗性を確保するために、4.0%以上添加する。9.0%を超えて添加しても耐損耗性は飽和するので、4.0~9.0%を限定範囲とした。4.0~9.0% Cr-Cu-Ni-Sb-(Mo、W、または、Mo+W)の複合添加効果によって、耐損耗性は、4.0~9.0% Cr単独添加系に比較して飛躍的に改善される。

また、4.0~6.0% Cr-Cu-Ni-Sbの複合添加効果によって、耐損耗性は、4.0~6.0% Cr単独添加系に比較して飛躍的に改善される。

なお、6.0%を超えると、Siを制限しても、アセチレンなどの吸熱性ガスによる切断性が低下し、切断速度を下げて、十分な切断面品質を得ることができないので、限定範囲を4.0~6.0%とすることが好ましい。加工性、ガス切断性および耐損耗性を考慮すると、4.5~5.5%がより好ましい。

Sbは、局部的な損耗を抑制する目的に、Cu、Ni、(Mo、W、または、Mo+W)とともに0.01%以上添加するが、0.2%を超えて添加してもその効果は飽和するので、0.01~0.2%を限定範囲とした。熱間加工性の観点から、0.05~0.15%が好ましい。

Mo、Wは、局部的な損耗を抑制する目的で、少なくとも1種以上を、Cu、Ni、Sbとともに0.005%以上添加するが、0.5%を超えると、逆に、溶接性や耐損耗性を阻害するので、0.005~0.5%を限定範囲とした。耐損耗性、経済性、溶接性の観点からは、0.01~0.1%が好ましい。

他の成分については、次の通りである。

S i は、脱酸のために 0.01% 以上添加すると、ガス成分が低減してブローホールが減少するので、ガス切断性を確保するための必須元素であるが、0.5% を超えると熱影響部 (HAZ) 靱性が劣化するので、0.01~0.5% を限定範囲とした。耐損耗性と良好なガス切断性を両立させるためには、0.01~0.3% の添加が好ましい。鋼の製造性、溶接性を考慮した場合、0.1~0.3% が、より好ましい。

M n は、鋼の強度確保および脱酸のため 0.1% 以上添加するが、過度の添加は、強度過剰および冷間加工性を損なうので、0.1~2% を限定範囲とした。

P は、不純物元素であり、0.05% を超えると溶接性および耐損耗性が低下するので、0.05% 以下を限定範囲とした。なお、P は、少ないほどその効果は良好となるため、0.02% 以下が好ましい。なお、下限値は 0% を含む。

S は、不純物元素であり、0.02% を超えると耐ラメラテア性が低下するので、0.02% 以下に限定した。一方、S が 0.005% 未満になると、耐損耗性が低下するので、0.005~0.02% に限定した。耐損耗性および靱性のバランスを考慮すると、0.005~0.015% が好ましい。

A l は、脱酸元素として 0.005% 以上添加する。A l 量の増加に従って耐損耗性は向上するが、過度の添加はガス切断性を損なうため、0.005~0.5% を限定範囲とした。良好なガス切断性を十分に確保するためには、0.005~0.03% 未満が好ましい。

N は、0.008% を超えると、ガス切断時に発生するブローホールの数を増大させ、切断性を低下させるだけでなく、靱性を低下

させるので、その上限を0.008%とした。

以上、これらの基本成分で、本発明の鋼材は、優れた耐損耗性、または、優れた耐損耗性およびガス切断性を発揮できるが、さらに以下の元素を選択的に添加することで、より大きな効果を期待できる。

Tiは、必要に応じて0.002%以上添加することで、TiOやTiNを鋼中に形成し、溶接時熱影響部の粒径を微細化したり、粒内フェライトを生成したりすることにより靱性を向上させる効果や、Cr-Cu-Ni-(Mo、W、または、Mo+W)-Sb鋼のガス切断性を改善する効果がある。この場合、0.2%を超えて添加すると靱性が劣化するので、その範囲を0.002~0.2%とすることが好ましい。

Nb、V、Ta、Zr、Bは、微量で鋼の強度を高めるのに有効な元素であり、主に強度調整のために必要に応じて含有させる。各々効果を発現するためには、Nbは0.002%以上、Vは0.005%以上、Taは0.005%以上、Zrは0.005%以上、Bは0.0002%以上含有させることが好ましい。

一方、Nbは0.2%超、Vは0.5%超、Taは0.5%超、Zrは0.5%超、Bは0.005%超で、靱性劣化が顕著となり易い。従って、必要に応じて、Nb、V、Ti、Ta、Zr、Bを含有させる場合は、Nbは0.002~0.2%、Vは0.005~0.5%、Tiは0.002~0.2%、Taは0.005~0.5%、Zrは0.005~0.5%、Bは0.0002~0.005%とすることが好ましい。

Mg、Ca、Y、La、Ceは、介在物の形態制御に有効で、延性特性の向上に有効であり、また、溶接継手のHAZ靱性向上にも有効であり、さらに、耐局部損傷性を向上する効果も弱いながらあ

るので、必要に応じて含有させることが好ましい。

本発明の鋼材における各元素の含有量は、効果が発現する下限から下限値が決定され、各々、Mgは0.0001%、Caは0.0005%、Yは0.0001%、Laは0.005%、Ceは0.005%を下限値とすることが好ましい。

一方、上限値は、介在物が粗大化して、機械的性質、特に延性と靱性に悪影響を及ぼすか否かで決定され、本発明の鋼材では、この観点から、上限値を、Mg、Caは0.01%、Y、La、Ceは0.1%とすることが好ましい。

Sn、Pbは、耐損耗性を一層向上させるのに有効な元素であり、必要に応じて添加するが、その効果を発現するには、Sn：0.01～0.3%、Pb：0.01～0.3%が好ましい。

また、添加元素以外では、Oは0.0040%を超えると、ブローホールの数が著しく増加し、ガス切断性が低下し、切断面の手入れ作業を要するので、その上限を0.0040%とすることが好ましい。

さらに、接ガス面の鋼は、必要に応じて、Co、Ti、Nb、V、Ta、Zr、B、Mg、Ca、Y、La、Ce、Sn、Pbの1種または2種以上添加しても、本発明の効果は失われない。

次に、排ガス流路の接ガス面に用いる鋼および溶接材料の両方ともに、同様の化学組成の鋼である場合、すなわち、共金系の溶接材料を使用する場合について、鋼の化学組成を限定する理由を以下に述べる。

C、Cu、Ni、Sb、Mo、Wについては、前述のオーステナイト系溶接材料を使用する場合と、その限定範囲および限定理由は同様である。

しかし、Crは、オーステナイト系溶接材料を使用する場合と、

共金系溶接材料を使用する場合で、限定範囲の上限値が異なる。

すなわち、共金系の溶接材料を使用する場合、耐損耗性を確保するためには、4.0%以上添加する必要がある。但し、6.0%を超えて添加すると、比較的高い温度での予熱、後熱処理が不可欠となり、溶接施工性が低下するので、4.0～6.0%を限定範囲とした。溶接施工性、加工性および耐損耗性を考慮すると、4.0～5.5%がより好ましい。

さらに、Si、Mn、P、Sについては、共金系の溶接材料を使用する場合、これらを必須の成分とすることが、オーステナイト系溶接材料を使用する場合とは異なる。但し、Si、Mn、P、Sの限定範囲および限定理由は、前述のオーステナイト系溶接材料を使用する場合と、基本的に同じである。

本発明の鋼材は、転炉、電気炉等の溶製炉において鋼を溶製し、必要に応じて、脱ガス装置、取鍋などにおいて二次精錬を施して、所定の鋼成分とした後、この溶鋼を連続鑄造により、あるいは、鋼塊とした後、分塊圧延して、鋼片とする。

その後、この鋼片を、加熱しあるいは加熱することなく、熱間圧延して、熱延薄鋼板や厚鋼板とし、さらに、冷間圧延して冷延薄鋼板等の鋼板として使用できるほか、熱間圧延により、形鋼、棒鋼、線材あるいは鋼管など、その耐蝕用鋼部材として多様な形で使用することができる。

一般に、排煙処理設備の排ガスダクトは、鋼材の溶接構造で構成されるので、該鋼材には、所要特性の他、溶接施工性が要求される。従って、溶接金属の選択的な損耗を防止するとともに、本発明で炭素鋼並みの溶接施工性を確保するためには、溶接金属の合金組成が重要である。

耐損耗性に有効なCr、Ni、Cu、Moなどの含有量を高めた

オーステナイト系の溶接材料、または、母材と同じく低C-Cr-Cu-Ni-(Mo、W、Mo+W)-Sb系のフェライト系の溶接材料を用いることが好ましい。オーステナイト系溶接材料としては、周知の技術を活用すれば良く、オーステナイト系ステンレス、例えば、SUS309Lなどを用いるのが常套手段である。

排ガス流路の接ガス面の材質としては、複層鋼材の場合、表層が耐損耗層として、本発明の化学組成を有する鋼成分であることが重要である。耐久性の観点から、耐損耗層は3mm以上が好ましいが、複層鋼よりも材質全体が本発明で限定した化学組成を有する鋼がより好ましい。

排ガスダクトの構造としては、以下の通り、水冷二重構造または水冷鋼管パネルで構成される排ガスダクトが好ましい。これは、水冷二重構造の場合、排ガスが300℃を超える高温でも、ダクトのメタル表面温度は高々数10℃となり、過酷な熔融塩腐食（一般にはメタル表面温度が300℃以上で生じる）による損耗を回避できるためである。

〔水冷二重構造の排ガスダクト〕

水冷二重構造の排ガスダクトの構造例を図3に示す。接ガス面の表層が本発明の特性組成を有するクラッド鋼または本発明の特定組成を有する鋼を母材とし、オーステナイト系の溶接材料（例えば、SUS309L）による溶接部とからなる内筒2と炭素鋼製の外筒1とで構成される二重構造の排ガスダクトである。図3中、3は冷却水の流路で、4は排ガスの流路である。

本発明の特定組成を有する鋼を基材6上に被覆して耐損耗層5としたクラッド鋼とオーステナイト系溶接材料による溶接部7とからなる内筒の構造例を図4に示す。なお、図4中、8が排ガスに接する面である。

冷媒の温度は100℃以下が好ましく、冷媒としては水が好ましい。内筒の板厚は耐久性の観点から6mm以上が好ましく、より好ましくは9～16mmである。内筒の製作方法は、板巻き、鋼管、スパイラル加工と溶接など、いずれの方法でもよい。必要に応じて、接ガス面表層は、本発明の限定範囲耐熱・耐摩耗材料で被覆してもよい。

〔水冷鋼管パネルで構成される排ガスダクト〕

水冷鋼管パネルで構成される排ガスダクトの構造例を図5に示す。排ガスと接する面（接ガス面）とは反対の面に、複数の水冷管9が、通常、平行に配列されており、パネルと溶接接合されている。炭素鋼管を並べたパネル上に接ガス面板として、本発明で限定した組成を有する鋼板を、オースナイト系溶接材料で溶接接合する。必要に応じて、接ガス面表層は耐熱・耐摩耗材料で被覆してもよい。

次に、本発明の実施例について、説明する。

（実施例1）

前記（4）～（7）の発明に係る実施例である。

表1に示す合金組成の鋼を溶製、鑄造し、板厚12mmまで熱間圧延、熱処理後、この熱延鋼板を素材とした。

表 1

	材質	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	W	Sb	Al	N	Ti	その他
比較例	A1	SS400	0.11	0.2	0.4	0.02	0.010	0.02	0.02	0.02	-	-	-	0.02	0.003	-
	A2	低合金鋼	0.1	0.3	0.5	0.01	0.010	0.6	0.30	0.20	-	-	-	0.025	0.003	0.02
	A3	5 %Cr鋼	0.05	0.3	0.4	0.01	0.010	4.9	-	-	-	-	-	0.025	0.003	-
	A4	Cu不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	5.1	0.02	0.10	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-
	A5	Ni不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	5.1	0.20	-	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-
	A6	Mo又はW不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	5.1	0.20	0.10	-	-	0.11	0.025	0.003	-
	A7	Sb不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	5.1	0.20	0.10	0.10	-	-	0.025	0.003	-
	A8	Cr不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	3.5	0.20	0.10	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-
	A9	Cr過剰	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	6.9	0.20	0.10	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-
	A10	Si過剰	0.03	0.65	0.4	0.01	0.010	4.9	0.20	0.10	0.10	-	0.10	0.025	0.003	-
本発明例	B1		0.03	0.2	0.6	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	-
	B2		0.03	0.2	0.6	0.01	0.009	4.9	0.3	0.2	-	0.05	0.10	0.025	0.003	-
	B3		0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	5.1	0.2	0.1	0.01	-	0.03	0.015	0.003	-
	B4		0.03	0.2	0.6	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	- Ca : 0.0005
	B5		0.03	0.2	0.5	0.01	0.008	4.9	0.3	0.2	0.11	-	0.10	0.025	0.003	- Sn : 0.05
	B6		0.03	0.2	0.6	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	- Pb : 0.05
	B7		0.03	0.5	0.6	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.07	-	0.10	0.025	0.003	- B : 0.0010
	B8		0.03	0.2	0.6	0.01	0.011	4.8	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.035	0.003	- Nb : 0.015
	B9		0.03	0.2	0.6	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.09	0.02	0.10	0.025	0.003	- V : 0.005
	B10		0.03	0.2	0.9	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	-
	B11		0.03	0.2	0.9	0.01	0.012	4.1	0.3	0.2	0.08	-	0.10	0.025	0.003	-
	B12		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	4.9	0.4	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015
	B13		0.05	0.4	0.9	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	-	0.15	0.10	0.025	0.003	0.015
	B14		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	5.1	0.3	0.1	0.01	-	0.03	0.045	0.003	0.015
	B15		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.07	-	0.10	0.025	0.003	0.015 Ca : 0.0005
	B16		0.05	0.2	0.9	0.01	0.005	5.3	0.4	0.2	0.03	-	0.10	0.025	0.003	0.015 Sn : 0.05
	B17		0.05	0.5	0.9	0.01	0.011	4.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015 Pb : 0.05
	B18		0.05	0.4	0.9	0.01	0.010	4.1	0.3	0.2	0.03	-	0.10	0.020	0.003	0.015 B : 0.0010
	B19		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	4.9	0.5	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015 Nb : 0.015
	B20		0.05	0.2	0.9	0.01	0.015	5.0	0.3	0.2	0.05	0.02	0.10	0.025	0.003	0.015 V : 0.004
	B21		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015
	B22		0.05	0.2	0.9	0.01	0.010	4.0	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015
	B23		0.003	0.2	0.9	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	-
	B24		0.003	0.2	0.9	0.01	0.009	4.9	0.3	0.2	-	0.05	0.10	0.025	0.003	-
	B25		0.003	0.2	0.9	0.01	0.010	5.1	0.2	0.1	0.01	-	0.03	0.015	0.003	-
	B26		0.002	0.2	0.9	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	- Ca : 0.0005
	B27		0.003	0.3	0.9	0.01	0.008	4.9	0.3	0.2	0.11	-	0.10	0.025	0.003	- Sn : 0.05
	B28		0.003	0.2	0.9	0.01	0.010	5.5	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	- Pb : 0.05
	B29		0.003	0.5	0.9	0.01	0.010	4.1	0.3	0.2	0.07	-	0.10	0.025	0.003	- B : 0.0010
	B30		0.003	0.2	0.9	0.01	0.011	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.035	0.003	- Nb : 0.015
	B31		0.004	0.2	0.9	0.01	0.010	4.9	0.3	0.2	0.09	0.02	0.10	0.025	0.003	- V : 0.005

* 下線数字は本発明の範囲外を示す

〔損耗試験：ダクト内曝露試験〕

補修用試験鋼板（250 mm×250 mm×12 mm）を採取した。試験鋼板を、内筒径に冷間曲げ加工した。鉄筋棒鋼の電気溶製

炉の排ガスダクト内筒にあらかじめ試験鋼板の空間を切断しておき、試験鋼板を溶接して取り付けた。

溶接は、入熱：約 20 kJ/cm のアーク溶接とし、溶接材料としてはオーステナイト系ステンレス（SUS309L）の被覆アーク溶接棒を用いた。取り付け6ヶ月後に、試験鋼板を取り付けたダクトのセクションをガス切断で切り出した後、各試験片を切り出して、酸洗後に板厚計測を行い、平均損耗速度および局所的な最大損耗速度を求め、耐損耗性を評価した。

〔ガス切断性試験〕

それぞれの供試材について、一定の切断速度において、直切断（板厚 16 mm ）および開先切断（ 16 mm 厚、 30° 、 40° ）を実施し、それぞれの場合のアセチレンガスを使用した場合またはパウダー切断を使用した場合の切断作業性および切断面の状態を評価し、比較鋼A1を基準として、◎；良好、○；切断易、△；切断難（切断面の手入れが必須）、×；切断不可の評点評価を行った。

表2に、上記のダクト内曝露試験結果を示す。表3にガス切断性試験結果を示す。

表 2

		材 質	平均速度	最大速度	評 価
比 較 例	A1	SS400	8.7	12.7	耐損耗性不足
	A2	低合金鋼	4.3	7.3	耐損耗性不足
	A3	5 %Cr鋼	1.3	10.6	耐損耗性不足
	A4	Cu不足	1.0	5.9	耐損耗性不足
	A5	Ni不足	1.1	6.3	耐損耗性不足
	A6	Mo又はW不足	1.4	7.1	耐損耗性不足
	A7	Sb不足	1.1	6.6	耐損耗性不足
	A8	Cr不足	3.1	10.9	耐損耗性不足
	A9	Cr過剰	0.6	1.1	優れている
	A10	Si過剰	1.2	2.3	優れている
本 発 明 例	B1		0.9	1.4	優れている
	B2		0.8	1.3	優れている
	B3		0.7	1.2	優れている
	B4		0.7	1.1	優れている
	B5		0.8	1.3	優れている
	B6		0.6	0.9	優れている
	B7		0.6	0.9	優れている
	B8		0.9	1.4	優れている
	B9		0.7	1.3	優れている
	B10		0.8	1.4	優れている
	B11		0.9	1.4	優れている
	B12		0.7	1.3	優れている
	B13		0.8	0.4	優れている
	B14		0.7	1.2	優れている
	B15		0.6	1.1	優れている
	B16		0.6	1.1	優れている
	B17		0.7	0.5	優れている
	B18		0.8	0.4	優れている
	B19		0.6	1.0	優れている
	B20		0.7	1.0	優れている
	B21		0.8	1.1	優れている
	B22		0.8	1.3	優れている
	B23		0.8	1.4	優れている
	B24		0.9	1.4	優れている
	B25		0.7	1.3	優れている
	B26		0.8	0.4	優れている
	B27		0.7	1.2	優れている
	B28		0.6	1.1	優れている
	B29		0.6	1.1	優れている
	B30		0.7	0.5	優れている
	B31		0.8	0.4	優れている

表 3

		材 質	直切断		開先切断		総合評価
			切断作業	切断面の状態	切断作業	切断面の状態	
比較例	A1	SS400	◎	◎	◎	◎	◎
	A2	低合金鋼	◎	◎	◎	◎	◎
	A3	5 %Cr鋼	○	○	○	○	○
	A4	Cu不足	○	○	○	○	○
	A5	Ni不足	○	○	○	○	○
	A6	Mo又はW不足	○	○	○	○	○
	A7	Sb不足	○	○	○	○	○
	A8	Cr不足	◎	○	◎	○	○
	A9	Cr過剰	×	×	△	×	×
	A10	Si過剰	×	△	△	×	×
本発明例	B1		◎	◎	○	◎	○
	B2		◎	◎	○	◎	○
	B3		◎	◎	○	◎	○
	B4		◎	◎	○	◎	○
	B5		◎	◎	○	◎	○
	B6		◎	◎	○	◎	○
	B7		◎	◎	◎	◎	○
	B8		◎	◎	○	◎	○
	B9		◎	◎	○	◎	○
	B10		○	○	○	○	○
	B11		◎	◎	○	◎	○
	B12		◎	○	○	◎	○
	B13		◎	◎	○	◎	○
	B14		◎	◎	○	◎	○
	B15		◎	◎	○	◎	○
	B16		◎	○	○	◎	○
	B17		○	○	○	○	○
	B18		◎	◎	◎	◎	○
	B19		◎	◎	○	◎	○
	B20		◎	◎	○	◎	○
	B21		◎	◎	○	◎	○
	B22		◎	◎	○	◎	○
	B23		◎	◎	○	◎	○
	B24		◎	○	○	◎	○
	B25		◎	◎	○	◎	○
	B26		◎	◎	○	◎	○
	B27		◎	◎	○	◎	○
	B28		◎	○	○	◎	○
	B29		○	○	○	○	○
	B30		◎	◎	◎	◎	○
	B31		◎	◎	○	◎	○

比較鋼A1を標準として順位 ◎ > ○ > △ > ×とした

比較鋼である A 1 は、市販の一般溶接構造用鋼（J I S G 3 1 4 1 S S 4 0 0）、A 2 は低合金鋼であるが、双方とも、耐損耗性が低い。また、A 3 は、4. 9 % C r を単独添加した低炭素鋼であり、平均損耗速度は A 1、A 2 に比べてよいものの、最大損耗速度は A 2 と同等で、C r の添加効果が認められない。

また、A 4、A 5、A 6、A 7 は C r 5. 1 % を含有し、さらに、S i、C u、N i、M o、S b が複合添加されるが、A 4 は C u が、A 5 は N i が、A 6 は M o が、A 7 は S b がそれぞれ不足しているために、最大損耗速度の抑制は十分ではない。

また、A 8 は、C r 含有量が 3. 5 % と低いため、複合添加による平均および最大損耗速度の抑制は十分ではない。

また、A 9 は、S i、C u、N i、M o、S b を、本発明で規定する鋼組成の範囲内で含有するが、C r を 6. 9 % 含有するために、ガス切断性が本発明鋼に比較して劣る。

また、A 1 0 は、C r 4. 9 % を含有し、C u、N i、M o、S b を、本発明で規定する鋼組成の範囲内で含有するが、0. 6 5 % S i を含有するために、ガス切断性が本発明鋼に比較して劣る。

これに対して、本発明鋼である B 1 ~ B 3 1 は、本発明で規定する鋼組成の範囲内にあり、耐損耗性に優れ、かつ、ガス切断性も普通鋼（A 1）並に優れている。

（実施例 2）

前記（1）～（3）の発明、および、前記（8）～（11）の発明に係る実施例である。なお、次の（実施例 3）も同様である。

表 4 に示す合金組成の鋼板（1 0 0 0 m m × 5 0 0 m m × 1 2 m m）を長手方向に 2 分割し、突合せ溶接で接合した後、内筒径に冷間曲げ加工し、その後、鉄筋棒鋼の電気溶製炉の排ガスダクト内筒（サイト 1）、および、転炉 O G 排ガス処理設備の水冷ダクト（サ

イト 2) にあらかじめ試験鋼板をはめ込む窓を切っておき、試験鋼板を溶接して取り付けた。

なお、溶接は、入熱：約 20 kJ/cm のアーク溶接とし、溶接材料としてはオーステナイト系ステンレス (SUS309L) の被覆アーク溶接棒を用いた。

予熱・後熱処理は、特に行わなかった。いずれの試験体も、溶接性は十分で炭素鋼並であった。6ヶ月後に、試験鋼板を取り付けたダクトのセクションをガスで切断した後、各試験片を切り出し、酸洗後に板厚計測を行い、平均損耗速度および局所的な最大損耗速度を求め、耐損耗性を評価した。

表 5 に、上記のダクト内曝露試験結果を示す。

表 4

	材質	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	W	Sb	Al	N	Ti	その他
比較例	A1	SS400	0.11	0.2	0.4	0.02	0.010	0.02	0.20	0.02	-	-	0.02	0.003	-	
	A2	低合金鋼	0.1	0.3	0.5	0.01	0.010	0.6	0.30	0.20	-	-	0.025	0.003	0.02	
	A3	5%Cr鋼	0.05	0.3	0.4	0.01	0.010	4.9	-	-	-	-	0.025	0.003	-	
	A4	Cu不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	5.1	0.02	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-	
	A5	Ni不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	5.1	0.20	-	-	0.11	0.025	0.003	-	
	A6	Mo又はW不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	5.1	0.20	-	-	0.11	0.025	0.003	-	
	A7	Sb不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	5.1	0.20	0.10	0.10	-	0.025	0.003	-	Sn:0.04
	A8	Cr不足	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	3.0	0.20	0.10	0.10	-	0.025	0.003	-	
本発明例	B1		0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	4.1	0.5	0.3	0.05	-	0.025	0.003	-	
	B2		0.03	0.2	0.4	0.01	0.009	5.1	0.3	0.2	-	0.05	0.025	0.003	-	
	B3		0.03	0.2	0.4	0.01	0.009	5.1	0.2	0.1	0.05	-	0.015	0.003	-	
	B4		0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	7.1	0.3	0.2	0.05	-	0.025	0.003	-	
	B5		0.05	0.2	0.4	0.01	0.010	8.9	0.3	0.2	0.05	-	0.025	0.003	0.015	

* 下線数字は本発明の範囲外を示す

表 5

		材質	平均速度	最大速度	評価
比較例	A1	SS400	8.7	12.7	耐損耗性不足
	A2	低合金鋼	4.3	7.3	耐損耗性不足
	A3	5%Cr鋼	1.3	10.6	耐損耗性不足
	A4	Cu不足	1.0	5.9	耐損耗性不足
	A5	Ni不足	1.1	6.3	耐損耗性不足
	A6	Mo又はW不足	1.4	7.1	耐損耗性不足
	A7	Sb不足	1.1	6.6	耐損耗性不足
	A8	Cr不足	3.1	10.9	耐損耗性不足
本発明例	B1		3.9	4.9	優れている
	B2		1.2	1.6	優れている
	B3		1.2	1.5	優れている
	B4		0.6	1.3	優れている
	B5		0.4	1.1	優れている

比較例である A 1 は、市販の一般溶接構造用鋼（J I S G 3 1 4 1 S S 4 0 0）、A 2 は低合金鋼であるが、双方とも、耐損耗性が低い。また、A 3 は、4.9%Cr を単独添加した低炭素鋼であり、平均損耗速度は A 1、A 2 に比べてよいものの、最大損耗速度は A 2 と同等で、Cr の添加効果が認められない。

また、A 4、A 5、A 6、A 7 は Cr 5.1% を含有し、さらに、Si、Cu、Ni、Mo、Sb が複合添加されるが、A 4 は Cu が、A 5 は Ni が、A 6 は Mo が、A 7 は Sb がそれぞれ不足しているために、最大損耗速度の抑制は十分ではない。

また、A 8 は、Cr 含有量が 3.0% と低いため、複合添加による平均および最大損耗速度の抑制は十分ではない。

これに対して、本発明例である B 1 ～ B 5 は、本発明で規定する鋼組成の範囲内にあり、耐損耗性に優れていることがわかる。

（実施例 3）

表 6 に示す合金組成の鋼板（300mm×300mm×12mm）を、試作した溶接フェライト系合金溶接棒で突合せ溶接し、溶接施工性、溶接割れ感受性を調査した。

溶接棒は、耐損耗性の確保上重要な Cr-Cu-Ni-Mo-Sb の溶接金属中の組成が鋼板の化学組成と同等程度になるように、表 7 に示す合金組成に調整した。溶接は、入熱：約 20 kJ/cm のアーク溶接とした。

表 6

		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	W	Sb	Al	N	Ti	その他
比較例	C1	0.05	0.3	0.4	0.01	0.010	3.5	0.50	0.30	0.05	-	0.10	0.025	0.003	-	
	C2	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	6.5	0.20	0.10	0.10	-	0.11	0.025	0.003	-	
本発明例	C3	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	4.1	0.5	0.3	0.05	-	0.10	0.025	0.003	-	
	C4	0.01	0.2	0.4	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10	0.025	0.003	0.015	

表 7

	溶接金属	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	W	Sb
比較例	WM1	0.07	0.2	0.6	0.01	0.011	3.6	0.50	0.30	0.05	-	0.10
	WM2	0.03	0.2	0.4	0.01	0.100	6.5	0.20	0.10	0.10	-	0.11
本発明例	WM3	0.03	0.2	0.4	0.01	0.010	4.1	0.5	0.3	0.05	-	0.10
	WM4	0.01	0.2	0.4	0.01	0.010	5.9	0.3	0.2	0.05	-	0.10

その結果、溶接金属 WM 2 の組成の溶接棒で比較例の鋼板 C 2 を母材として突合せ溶接した溶接継手（以降、溶接継手 C 2 と記載する）では、溶接金属で低温割れが認められた。

一方、鋼板 C 1、C 3、C 4 を母材として、それぞれ、WM 1、WM 3、WM 4 を溶接金属とした溶接継手（以降、それぞれ溶接継手 C 1、C 3、C 4 と記載する）においては、溶接施工性および割れ感受性は良好であった。

そこで、溶接継手 C 2 を除いた、溶接継手 C 1、C 3、C 4 を、実施例 1 と同様に、鋼精錬電気炉の排煙二重水冷ダクトの接ガス面に取り付け、6 ヶ月後に、試験鋼板を取り付けたダクトのセクションをガスで切断した後、各試験片を切り出し、酸洗後に板厚計測を行い、平均損耗速度および局所的な最大損耗速度を求め、耐損耗性を評価した。

表 8 に、上記のダクト内曝露試験結果を示す。

表 8

	溶接金属	母材	母材		溶接金属		評価
			平均速度	最大速度	平均速度	最大速度	
比較例	WM1	C1	4.3	7.9	4.8	9.3	耐損耗不足
	WM2	C2	-	-	-	-	溶接割れ、データ無し
本発明例	WM3	C3	3.9	4.9	3.9	4.9	優れている
	WM4	C4	0.4	1.1	0.4	1.1	優れている

比較例の溶接継手 C 1 は、Cr 量が母材および溶接金属ともに、前記（3）の発明で規定した Cr 量の下限值以下であるので、耐損

耗性が本発明例 C 3、C 4 に比べて劣っていることがわかる。また、前記の通り、比較例の溶接継手 C 2 は、C r 量が母材および溶接金属ともに、前記 (3) の発明で規定した C r 量の上限值を超えているので、十分な溶接性が得られないことがわかる。

以上の結果から、母材および溶接金属ともに、C r 量が前記 (10) の発明で規定した C r 量の範囲であれば、フェライト系溶接材料を使用しても、優れた耐損耗性と溶接施工性をガス切断性ととも

に両立可能であることがわかる。

産業上の利用可能性

本発明の鋼材および、該鋼材を用いて構成して排ガスダクトは、製鋼電気炉、製鋼転炉の排ガス処理装置、灰溶融炉の排ガス処理装置、廃棄物や汚泥などの焼却施設の排ガス処理装置において、例えば、ダクト、熱交換器、電気集塵機、冷却塔、煙突などに使用すれば、優れた耐久性による設備寿命の延伸を図りながら、従来の炭素鋼と同じ維持管理および補修方法を継続でき、その産業上の価値は極めて高い。

請 求 の 範 囲

1. 質量%で、

C : 0.001~0.2%、

Cu : 0.1~1%、

Ni : 0.01~0.5%、

Cr : 4.0~9.0%、

Sb : 0.01~0.2%、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005~0.5%、

W : 0.005~0.5%、

の1種または2種を含有し、

残部がFeおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする耐損耗性に優れた排煙処理設備用鋼材。

2. 質量%で、

C : 0.001~0.2%、

Si : 0.01~0.5%、

Mn : 0.1~2%、

Cu : 0.1~1%、

Ni : 0.01~0.5%、

Cr : 4.0~6.0%、

Sb : 0.01~0.2%、

P : 0.05%以下、

S : 0.005~0.02%、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005~0.5%、

W : 0.005~0.5%、

の1種または2種を含有し、残部がF eおよび不可避免の不純物からなることを特徴とする耐損耗性に優れた排煙処理設備用鋼材。

3. 前記排煙処理設備が排ガスダクトであることを特徴とする請求項1または2に記載の排煙処理設備用鋼材。

4. 質量%で、

C : 0.001~0.2%、

Si : 0.01~0.5%、

Mn : 0.1~2%、

Cu : 0.1~1%、

Ni : 0.01~1%、

Cr : 4.0~6.0%、

Sb : 0.01~0.2%、

Al : 0.005~0.5%、

P : 0.05%以下、

S : 0.005~0.02%、

N : 0.008%以下、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005~0.5%、

W : 0.005~0.5%、

の1種または2種を含有し、

残部がF eおよび不可避免の不純物からなることを特徴とする耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

5. 質量%で、さらに、

Nb : 0.002~0.2%、

V : 0.005~0.5%、

Ti : 0.002~0.2%、

Ta : 0.005~0.5%、

Z r : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 %、

B : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 5 %、

のうちの1種または2種以上を含有し、残部がF eおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする請求の範囲4に記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

6. 質量%で、さらに、

M g : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 %、

C a : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 %、

Y : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 %、

L a : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、

C e : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、

のうちの1種または2種以上を含有し、残部がF eおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする請求の範囲4または5に記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

7. 質量%で、さらに、

S n : 0 . 0 1 ~ 0 . 3 %、

P b : 0 . 0 1 ~ 0 . 3 %、

のうちの1種または2種を含有し、残部がF eおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする請求の範囲4～6のいずれかに記載の耐損耗性およびガス切断性に優れた排煙処理設備用鋼材。

8. 排ガスダクトにおける排ガス流路の接ガス面が、質量%で、

C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

C u : 0 . 1 ~ 1 %、

N i : 0 . 0 1 ~ 0 . 5 %、

C r : 4 . 0 ~ 9 . 0 %、

S b : 0 . 0 1 ~ 0 . 2 %、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005 ~ 0.5 %、

W : 0.005 ~ 0.5 %、

の1種または2種を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼を、オーステナイト系溶接材料で溶接接合して構成されていることを特徴とする排ガスダクト。

9. 排ガスダクトにおける排ガス流路の接ガス面が、質量%で、

C : 0.001 ~ 0.2 %、

Cu : 0.1 ~ 1 %、

Ni : 0.01 ~ 0.5 %、

Cr : 4.0 ~ 9.0 %、

Sb : 0.01 ~ 0.2 %、

を含有し、かつ、

Mo : 0.005 ~ 0.5 %、

W : 0.005 ~ 0.5 %、

の1種または2種を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼を表層に有する複層鋼材の表層部を、オーステナイト系溶接材料で溶接接合して構成されていることを特徴とする排ガスダクト

。

10. 排ガスダクトにおける排ガス流路の排ガス面が、質量%で

、

C : 0.001 ~ 0.2 %、

Si : 0.01 ~ 0.5 %、

Mn : 0.1 ~ 2 %、

Cu : 0.1 ~ 1 %、

Ni : 0.01 ~ 0.5 %、

Cr : 4.0 ~ 6.0 %、

Sb : 0.01 ~ 0.2 %、

P : 0.05%以下、
S : 0.005～0.02%、
を含有し、かつ、
Mo : 0.005～0.5%、
W : 0.005～0.5%、

の1種または2種を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなる鋼と、該鋼と同じ成分組成範囲にある溶接金属で構成されていることを特徴とする排ガスダクト。

11. 前記排ガスダクトが二重筒型の水冷排ガスダクトであって、金属製外筒と金属製内筒とから構成され、内筒の内側を排ガス流路とし、外筒と内筒の間を冷媒流路とすることを特徴とする請求の範囲8～10のいずれかに記載の排ガスダクト。

12. 前記排ガスダクトが、排ガス流路の接ガス面と反対の面に、複数のパイプが接合配置された排ガスダクトであって、該パイプ中に冷媒を通過させる機能を有することを特徴とする請求の範囲8～10のいずれかに記載の排ガスダクト。

Fig.1

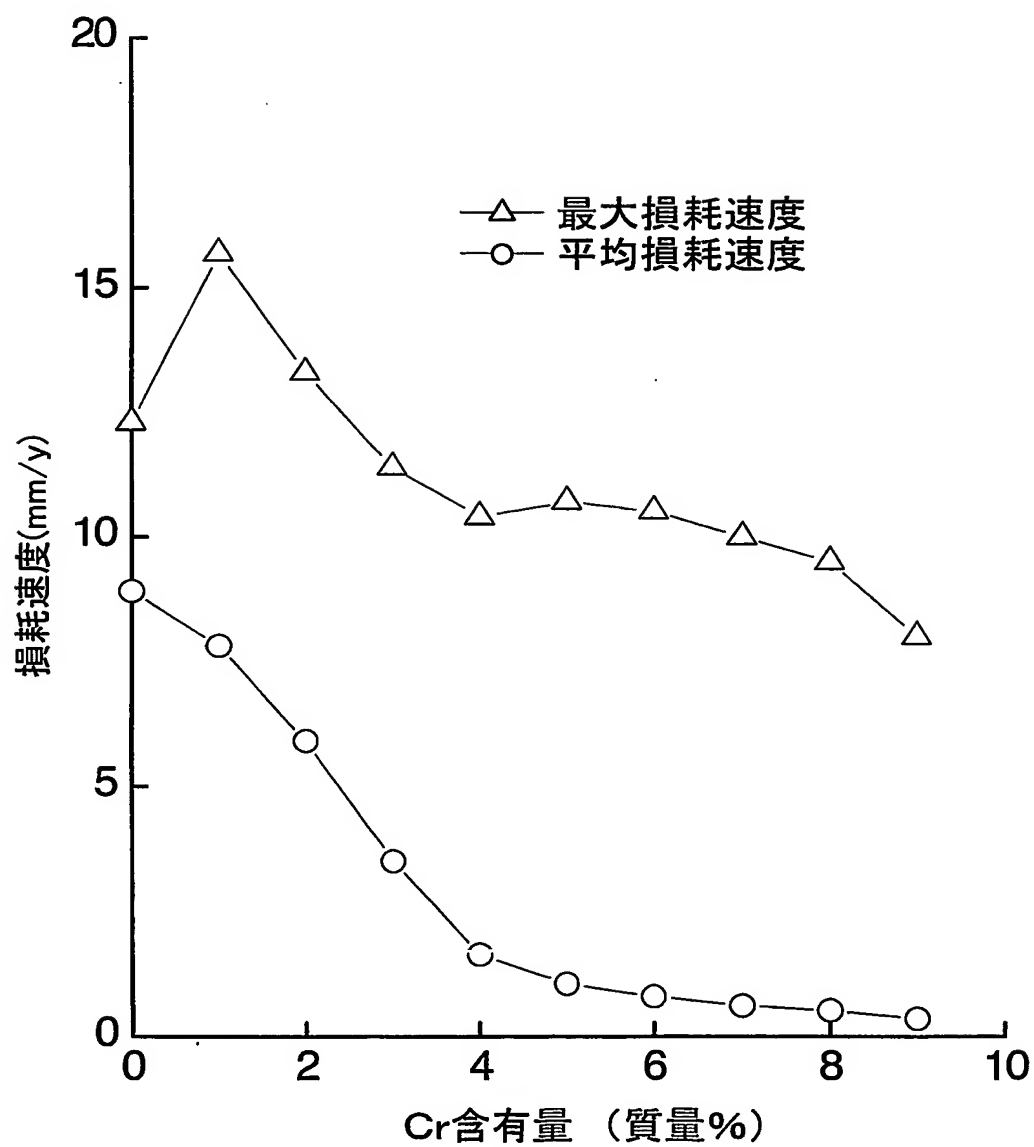


Fig.2

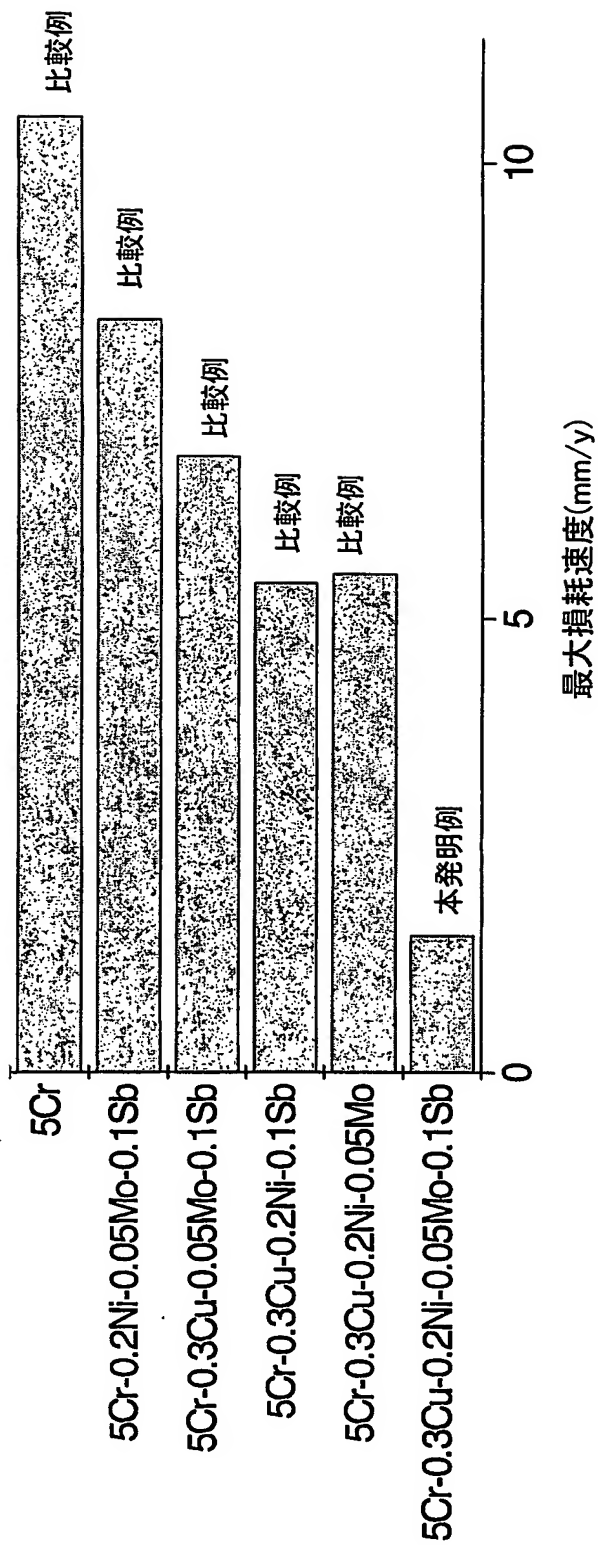


Fig.3

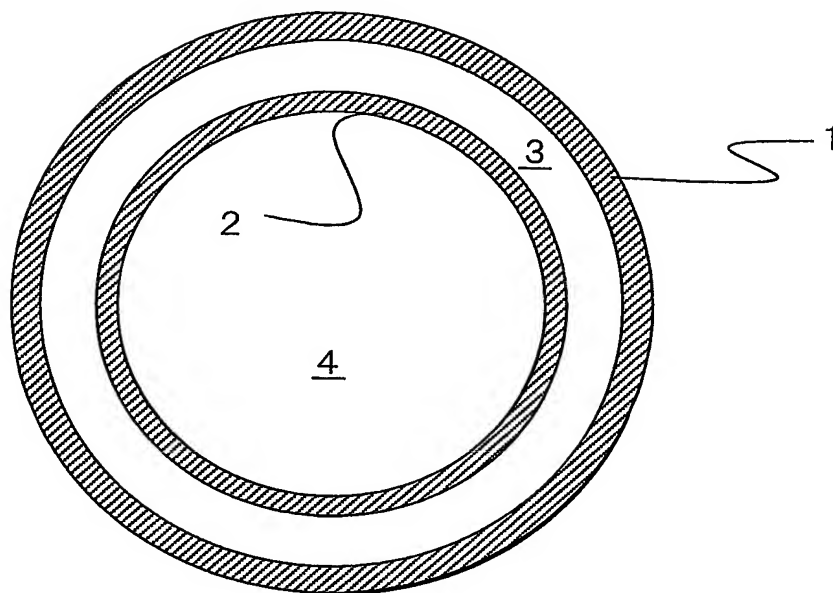


Fig.4

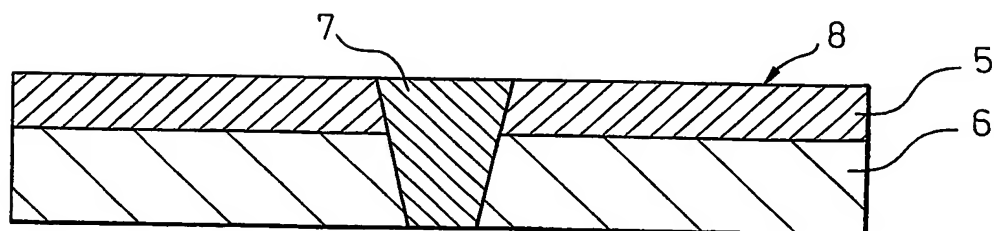
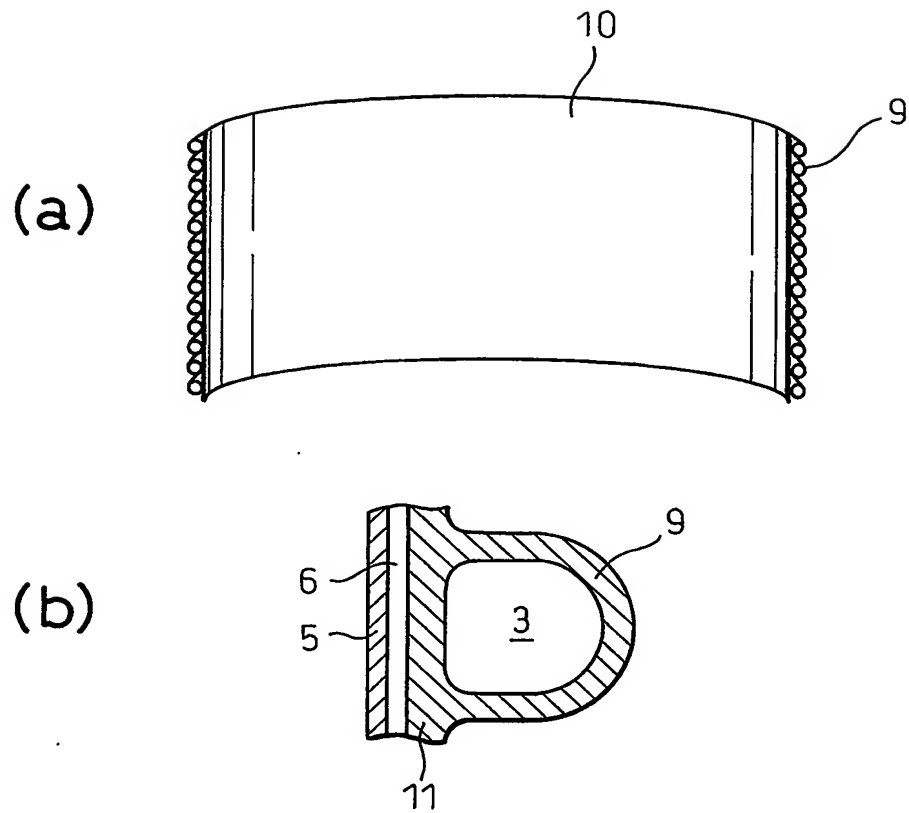


Fig.5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017214

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C22C38/00, C22C38/00, C22C38/60, F27D17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C22C38/00-60, F27D17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-279293 A (NKK Corp.), 28 October, 1997 (28.10.97), Claims (Family: none)	1-4, 7-12 5, 6
X Y	JP 2000-256781 A (NKK Corp.), 19 September, 2000 (19.09.00), Claims (Family: none)	1-4, 7-12 5, 6
X Y	JP 2000-256782 A (NKK Corp.), 19 September, 2000 (19.09.00), Claims (Family: none)	1-4, 7-12 5, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January, 2005 (17.01.05)

Date of mailing of the international search report

01 February, 2005 (01.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017214

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-350087 A (Nippon Steel Corp.), 21 December, 1999 (21.12.99), Par. No. [0001] (Family: none)	5, 6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C22C38/00, C22C38/00, C22C38/60, F27D17/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C22C38/00-60, F27D17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 9-279293 A (日本鋼管株式会社) 1997. 10. 28, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-4, 7-12 5, 6
X Y	JP 2000-256781 A (日本鋼管株式会社) 2000. 09. 19, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-4, 7-12 5, 6
X Y	JP 2000-256782 A (日本鋼管株式会社) 2000. 09. 19, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-4, 7-12 5, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 01. 2005

国際調査報告の発送日

01. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 陽一

4 K

9731

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

